

研究資料

パワークリーンの効率的習得に必要なとされる技術・体力要素

白坂 牧人, 鈴木 省三

Makito Shirasaka, and Shozo Suzuki: Technical and Physical Requirements for Efficient Skill Acquisition in the Power Clean Movement; Bulletin of Sendai University, 49 (1) : 27-36, September, 2017.

Abstract: Due to its high performance enhancing effects, weightlifting movements such as the clean and snatch are widely taught in collegiate strength and conditioning (S&C) programs across the United States, as well as the Japanese training industry. However, there appears to be lack of sufficient understanding of the movement itself along with physical and technical requirements necessary for successful execution of the lift, particularly in the Japanese industry.

In weightlifting, the lifter must move a heavy load explosively, which not only makes its motor control extremely challenging but requires extensive time and effort for skill acquisition. Furthermore, without requisite muscular strength of the major muscle groups involved, execution of proper lifting techniques is difficult. Therefore, the current article, through a review of relevant studies on weightlifting, aimed to examine the scientific bases of the movement, and highlight technical and physical requirements necessary for safe and efficient execution of the lift. Finally, practical application and recommendations for future research are discussed.

Key words: Weightlifting, Double Knee Bend, Biomechanics

キーワード: ウェイトリフティング, ダブルニーベンド, バイオメカニクス

I. 緒言

仙台大学（以下、「本学」と記す）トレーニングセンターでは学生運動選手の身体能力向上を目的とするトレーニングの一環として、パワークリーンやジャークといったウェイトリフティング種目を軸に指導を展開している。競技としてのウェイトリフティングは、クリーン・アンド・ジャークとスナッチの二種目から構成され、それぞれ三回の試技の中で拳上された最大重量の合算が公式記録となる。クリーン・アンド・ジャークについては、地面から肩の位置までバーベルを拳上するクリーンという動作に加え、その状態から脚と腕の力を使い頭上（肘は完全伸展）までバーベルを拳上するジャーク

という二つの動作から成り立つ。一方、スナッチでは、クリーン・アンド・ジャークと比べ広い手幅を用い、地面から頭上まで一連の動作でバーベルを拳上する。技術レベルの高い選手でもスナッチの最大拳上量はクリーンのおおよそ 80% であるが、最も加速の大きい Second Pull 局面におけるバーベルの速度がクリーンと比べ 10 ～ 20% 速いことから、同等のパワー値が報告されている^{8,12)}。いずれの種目も、スクワットやデッドリフトといった筋力系種目と比べ、動作が高速で行われるのが大きな違いとなる。本学の指導においては、主にバーベルを高い位置でキャッチするバリエーションであるパワークリーンを取り入れている。クリーンのバリエーションとしては、膝上のポジションから

拳上するハングクリーンを始め、キャッチの局面を省き下肢の伸展と肩の拳上で完遂するプル（またはジャンプシュラッグ）や、腕による引き上げ動作を加えたハイプルなども挙げられ、それらの局面におけるパワー発揮の特徴に関する研究報告も存在する^{3,4,23)}。

本学で主にクリーンを実施している最も大きな理由としては、スナッチほど高いレベルの肩関節の可動域と筋力が必要とされない点が挙げられる。また、クリーンはスナッチと比べバーベルの移動距離も短いことから比較的難易度も低いと考えられる。キャッチの位置が高いパワークリーンについても、ウェイトリフティング競技でみられる低い位置でのキャッチほど高いレベルの柔軟性と筋力が要求されない点が挙げられる。また、低い位置でのキャッチでは大きな弾みも生じることから各関節に多大な負担がかかることも推測できる。トレーニングにあてられる時間が限られている学生に対するトレーニング効率や効果を考慮すると、比較的短時間で習得が可能であり、同等のパワー向上が期待されるパワークリーンが最適であると考え、当種目を軸に指導を展開している。

パワークリーンやそのバリエーションをトレーニングに取り入れることで身体能力が向上することはこれまでの研究でも示されており、自体重によるプライオメトリクスや低速で行う従来の筋力トレーニングと比べてより効果的であることも報告されている^{2,14,24)}。また、ウェイトリフティング動作と垂直跳が動力的に類似しているとの報告もあり¹⁾、上述したトレーニング効果にはこのような科学的要因が絡んでいる。クリーンを実施する上でパワー向上に最適とされる負荷設定としては、最近のメタ分析により最大拳上量（1RM）の70%以上の負荷が適切であると報告されているが¹⁹⁾、当分析に関しては、最も高いパワー値が示された負荷設定に関するものであり、中・長期的なトレーニングによる効果に関しては明らかにはなっていない。したがって、パワー向上に最適な負荷については更なる研究が求められる。

これらの科学的根拠をもとに、ウェイトリフティング種目とそのバリエーションは、全米の

多くの大学ストレングス・アンド・コンディショニング（S&C）プログラムに取り入れられている。同様の傾向は、S&C分野が発展途上である日本でもみられるが、その高いトレーニング効果が先行し、運動指導者の間では当種目に関わる様々な要素や動作自体に対する理解が追いついていない現状もうかがえる。ウェイトリフティング種目においては重量物を高速で動かすため、動作制御が困難となり技術の習得にも時間を要する上、適切なテクニックが備わっていないれば傷害の危険性も高まる。また、基礎筋力が備わっていない中で種目を導入したとしても、拳上量の向上が見込めないという問題点も挙げられる。

本論ではこれらの問題点や課題に対して、ウェイトリフティング種目、特に本学で実施しているパワークリーンをトレーニングに取り入れる上で理解しておくべき科学的根拠を、ウェイトリフティングのバイオメカニクス研究の世界的権威である John Garhammer 博士の論文を中心に検討し、当種目を安全且つ効率的に実施するために必要となる技術・体力要素をバイオメカニクスの視点から明らかにすることを目的とした。

II. 方法

研究論文の収集は、1970年代から現在にわたる研究を、ウェイトリフティング、バイオメカニクス、パワー発揮をキーワードに、NSCAのウェブジャーナルと論文サーチエンジンである PubMed を活用し検索を実施した。また、他のトレーニング手段との効果を比較するため、プライオメトリクスや低速で実施する筋力トレーニングとの比較研究も検索項目に加えた。バイオメカニクスについてはウェイトリフティング動作を分析する上で必須分野であり、効率的な動作を分析することで主要な筋群や必要な筋力を明らかにした。他のトレーニング手段との比較研究は、ウェイトリフティング種目がどれだけ効果的なトレーニング種目であるかの指標となるため検索項目に含めた。検索より得られたスナッチやクリーン動作に関する研究

結果を、パワー発揮とトレーニング効果、主要な動作局面とバーベルの軌道、必須となる筋群・筋力の三項目に分類した。

Ⅲ. 結果

1. パワー発揮とトレーニング効果

Garhammer¹¹⁾の研究によると、ウェイトリフティングの動作中におけるパワー発揮は、人間が静止状態から行う短時間（2秒以内）の動作の中で最も高いことが示されており、具体的な数値としては、クリーン動作全体において男性は $34.2 \pm 3.6 \text{ W/kg}$ 、女性は $21.0 \pm 1.8 \text{ W/kg}$ であった。最も加速の大きいクリーンの Second Pull という局面では、男女がそれぞれ $52.5 \pm 8.9 \text{ W/kg}$ と $38.2 \pm 3.3 \text{ W/kg}$ という結果が示された¹¹⁾。なお、絶対値としては男子では $6,953 \text{ W}$ 、女子においては $3,691 \text{ W}$ であった^{10,11)}。当研究では、16mm のハイスピードカメラで撮影された実際の競技映像（50fps）をデジタル化し、five-segment rigid-link model により各部位の動きから測定がなされた。各関節で生じた力やトルクについては、Newtonian Rigid-body dynamics 等の公式により算出された^{10,11)}。スポーツにおける他動作とのパワー値の比較としては、Rhea¹⁸⁾らの研究において測定された大学生アスリート（NCAA1部）の垂直跳パワー値（ $1,387.19 \pm 221.65 \text{ W}$ ）が挙げられる。また、Kyriazis ら¹⁷⁾の砲丸投げのエリート選手を対象に行った研究では $3,315 \pm 550 \text{ W}$ という垂直跳のパワー値が報告されている。測定方法は、前者では TENDO FiTROdyne Powerlizer という線形偏位トランスデューサ、後者では Kistler のフォースプレートであった^{17,18)}。また、自転車競技のスプリント選手では、Wingate Test における最大パワー値で $1,581 \pm 294 \text{ W}$ との報告もある²¹⁾。上述したデータとの比較により Garhammer^{10,11)}が示したパワー値がどれだけ高いものかが示唆された。なお、研究におけるパワー測定に関しては線形偏位トランスデューサやフォースプレート、それらを組み合わせた方法など多数存在することに加え、拳上者の体重を組み込むか否かでも測定結

果が変化することも報告されている^{5,6,15)}。したがって、異なる測定方法で求められたパワー値の比較は慎重に行わなければならないが、Garhammer^{10,11)}のように実際の競技におけるパワー測定を目的とする場合、フォースプレートや線形偏位トランスデューサといった測定機器を活用することは困難であることも考慮しなければならない。

ウェイトリフティング種目によるトレーニング効果については高校や大学の運動選手対象に行われた研究においても、垂直跳高や短距離ダッシュ（10m・40m）のタイムが向上した事例も多数報告されている^{2,14,24)}。

具体的な例として、Channell ら²⁾の高校生対象の研究では、ウェイトリフティング種目と筋力系種目（スクワットやデッドリフト）中心のプログラムが垂直跳に及ぼす効果が比較されたが、それぞれ 4.5% と 2.3% の向上が示された。また、Hoffman ら¹⁴⁾が行った大学アメリカンフットボール選手対象の研究においても、筋力系種目を実施したグループと比べ、ウェイトリフティンググループの垂直跳高に有意な向上がみられた。同研究では、バックスクワットの最大拳上量（1RM）においても、ウェイトリフティンググループの方が 18% も高い向上を示した¹⁴⁾。また、ウェイトリフティングとプライオメトリクスを比較した研究においては、前者では 10 ヤード走とスクワットジャンプ高（膝屈曲位 90° で一度静止後、跳躍）に有意な向上が示された²⁴⁾。カウンタームーブメントジャンプ高に関しては、有意差にはいたらなかったもののウェイトリフティンググループに優位な向上がみられた。上述した研究結果は、他の方法と比べウェイトリフティング種目がより高い身体能力の向上をもたらすことを示唆している。

2. 主要な動作局面とバーベルの軌道

クリーンとスナッチのいずれにおいても共通するのが、一連の動作が大きく三つの主要な局面に分類されることである。クリーンに関しては、ジャークを除いたバーベルを肩まで拳上する部分にあたる。

動作開始時、地面から重りを膝上まで拳上するのが First Pull という局面である。この局面は、後に続く Second Pull と比較してバーベル速度は遅く、緩やかに加速していく¹⁰⁾。Garhammer¹⁰⁾ が 1975 年の全米選手権で実施した研究によると、各階級の優勝者の間で First Pull に要した時間は 0.64 ～ 0.88 秒であった一方で、Second Pull は 0.14 ～ 0.32 秒であった。

重りが膝上に差し掛かると Transition という移行の局面に入る。この局面で多くの選手が使うテクニックに Double Knee Bend というものがある。Garhammer⁹⁾ による研究で対象となった試技のおおよそ全て（1 試技を除く）において Double Knee Bend が使われており、このテクニックを使った際、バーベルが膝を過ぎた地点で大腿部と下腿部のエネルギーは一度低下し、その後バーベル速度が最高に達すると同時にそれらのエネルギーもピークに達していることが明らかになった。上述した大腿部と下腿部のエネルギーの低下とバーベルの減速は、Double Knee Bend 時の臀部の前下方への移動に起因するものとされる⁹⁾。さらに、この局面において線形運動エネルギーが減少する一方で回転運動エネルギーが増加することも示唆された⁹⁾。線形エネルギーとは垂直方向への運動エネルギーである。体勢を入れかえる過程でバーベルは一時減速してしまう一方で、その動作自体が膝関節伸展筋群を最大限の動員を可能にすることを加味すると Double Knee Bend を実施する利点の方が大きいと考えられる³⁾。この点については、Kipp ら¹⁶⁾ の研究においても、Second Pull 時の膝関節のモーメントと最大拳上量の正の相関性が報告されている。

Second Pull は、パワークリーンにおいて最も高いパワー値が発揮される局面であることが様々な研究で示唆されている^{3,4,8,10,11,23)}。Garhammer¹¹⁾ ではクリーン動作全体におけるパワー発揮が男女それぞれ $34.2 \pm 3.6 \text{ W/kg}$ と $21.0 \pm 1.8 \text{ W/kg}$ であったのに対し、Second Pull においては、 $52.5 \pm 8.9 \text{ W/kg}$ と $38.2 \pm 3.3 \text{ W/kg}$ という結果が示された¹¹⁾。また、別の研究でも、大腿部中央（以下、Midthigh）からのパワークリーン動作におけるピーク床反力と

ピークパワー値は、床から拳上する従来のパワークリーンの値と比べ有意に高いことが示されている³⁴⁾。具体的な数値としては、ピーク床反力についてはパワークリーンと Midthigh からのパワークリーンではそれぞれ $2,306.24 \pm 240.47 \text{ N}$ と $2,801.7 \pm 195.4 \text{ N}$ 、ピークパワーにおいてはそれぞれ $2591.2 \pm 645.5 \text{ W}$ と $3565.7 \pm 410.6 \text{ W}$ であった³⁴⁾。なお、Comfort ら³⁴⁾ の研究ではすべての種目がパワークリーンの最大拳上量の 60% で実施された。また、Suchomel ら²³⁾ の研究ではハングクリーン、ジャンプシュラッグ、ハイプルの 3 種目の比較がされたが、ジャンプシュラッグが他の 2 種目と比べ有意なパワー値を示した。ジャンプシュラッグとは、バーベルと共にトリプルエクステンションし肩の拳上で動作が完遂する、クリーンのよりシンプルなバリエーションである。3 種目はいずれも膝上のハングポジションと言われる姿勢から開始されたが²³⁾、この報告からパワー発揮に関しては、トリプルエクステンションで動作を完遂するバリエーションが最も高いことが示された。

バーベルの軌道については、Garhammer¹⁰⁾ がウェイトリフティングにおける各階級の世界トップレベル選手（56, 75, 82.5, 100, 110 超級）を対象に行ったバイオメカニクス研究により、スナッチやクリーンブルの効率において、87 ～ 99% とばらつきが見られることが報告されている。効率とは、バーベルになされた総仕事量のうち垂直方向への仕事量が占める割合であり、この数値は競技プラットフォームの右側横中央 9.5m の距離にセットされたハイスピードカメラ（16mm）による映像をもとに測定された¹⁰⁾。当研究においては、真横からの撮影により、垂直または水平移動距離を含めたバーベルの軌道が測定され、世界トップクラスの選手に共通した傾向が認められた¹⁰⁾。具体的な数値としては、まず First Pull では拳上者よりも 3 ～ 9cm 近づき、Second Pull では 3 ～ 18cm 拳上者から離れ、最終的なキャッチ局面では再び 3 ～ 9cm 近づくということが分析で明らかとなり、個人差はあるものの、この傾向は全ての選手に共通することが示された¹⁰⁾。また、各選手

にとって最適なバーベルの軌道は四肢や胴体の長さや各筋群の起始・停止といった要素に左右されることも報告されている¹⁰⁾。

3. 必須となる筋群・筋力

Garhammer⁹⁾の研究によると、スナッチやクリーンの主要な局面における膝・股関節の屈曲・伸展角度や胴体の角度・動きは、対象となった全ての選手の間で酷似していた。また、First PullとSecond Pullの間のTransition動作において胴体の線形エネルギーが低下する一方で回転エネルギーは一時上昇し、その後再び線形エネルギーが上昇することを示された⁹⁾。上述した傾向から、ウェイトリフティング動作において膝・股関節筋群が最も重要であることが示唆された⁹⁾。当研究では、Garhammer^{10,11)}と同様の方法で測定がなされた。また、ウェイトリフティング経験者対象に実施された別の研究では、First Pullにおいて上体の角度を一定に保つことに加え、移行局面を可能な限り速くおこなうことが、Second Pullへより効率的に繋げる上で重要であることが示唆された¹⁶⁾。当研究では遠赤外線モーションキャプチャシステムを利用し、各関節の動きが測定され、機能的成分分析 (fPCA) により特定の動作パターンと拳上量の相関性に関する分析がなされた。First Pull時には股関節の伸展の抑制、Second Pull時の素早い伸展と相対拳上量に有意な相関性 ($r = 0.870$)、また、Transition局面における股関節の移動の抑制と相対拳上量に有意な相関性 ($r=0.854$) が示された¹⁶⁾。他にも、Second Pull時の高い膝伸展モーメントと相対拳上量 ($r=0.766$)、First Pull時の少ない膝伸展モーメント、Second Pull時の大きな膝伸展モーメント、Second Pull開始時における膝関節屈曲から伸展モーメントへの素早い切り替えと相対拳上量 ($r=0.858$) に有意な相関性が認められた¹⁶⁾。また、SouzaとShimada²⁰⁾の研究では、パワークリーンにおいては、Second Pull時に膝関節に最も大きな圧縮力がかかることが認められ、当局面における膝関節伸展の重要性が示唆された。

IV. 考察

まず、パワーは「力×速度」から成ることを考えると、パワークリーンのように重量物を高速で拳上できる種目において高いパワー値が期待できることは理にかなっており、その事実はいくつかの研究によっても肯定された^{10,11,17,18,21)}。地面や道具に対して瞬間的に大きな力を発揮する能力「パワー」は、ウェイトリフティングに限らず様々な競技スポーツにおいて重要な要素であると考えられる⁸⁾。したがって、ウェイトリフティング種目をトレーニングに導入することにより、跳ぶ、走る、投げるといった競技動作中におけるパワー発揮能力の向上ができるという理論は、このような具体的な数値から導き出されたものであると言える。ここで明確にしておかなければならないのは、ウェイトリフティング動作と走る、跳ぶといったスポーツにおける共通動作は動力学的に類似している一方で、運動学的には有意な違いが認められている点である¹⁾。つまり、パワークリーンが身体能力向上をもたらすメカニズムとしては、動作自体が他の競技動作と類似しているからではなく、股関節、膝関節、足関節につながる筋群の伸展パワー発揮能力の向上が様々な競技動作における同様の筋群のパワー発揮の向上に転移するものと考えられる。

動作の習得については、関連する様々な分析^{7-10,16)}を通して、パワークリーンを実施する上で股関節と膝関節に繋がる筋群の筋力が重要であることが明らかとなったと同時に、各局面において求められる動作パターンが異なることも示唆された¹⁶⁾。

地面から膝上までバーベルを拳上するFirst Pullにおいては、股関節の伸展を抑え、胴体の角度を一定に保つことが重要となるわけだが¹⁶⁾、運動制御を可能にする基礎筋力と正しい動作感覚が要求される。胴体の角度を保つ上で股関節に繋がる大臀筋やハムストリングスの十分な筋力が必須となる。また、実際にバーベルを保持しているのは手であり、手は前腕と上腕を介し肩関節に繋がっているため、肩関節や肩甲骨周辺筋群もFirst Pullの動作を等尺性筋収縮によ

り支えている。動作中、脊椎のアーチを維持するために脊柱起立筋群も同様に活動しなければならない。したがって、First Pull の正しいテクニックは、上述した筋群の筋力が備わった上で初めて可能となる。なお、First Pull 動作における膝関節や股関節伸展筋群の筋力向上はパワー発揮の構成要素であるため、First Pull 動作自体にも大きなメリットがある。例えば、静止状態から膝関節・股関節・足関節の爆発的伸展が要求される陸上短距離のスタートもその一つと言える。一方で、筋力が備わっているにも関わらず、動作感覚の欠如によりテクニックが乱れる場合もある。パワークリーンでは、バーベルが拳上者の前方に位置しており、胴体の角度を保ちつつバーベルを拳上するためには、バーベルを身体に引きつけ、重心付近に保ちつつ肩から上昇することが不可欠となる。この点については Garhammer¹⁰⁾ により明らかにされた First Pull においてバーベルが拳上者に近づく傾向に裏付けされる。また、First Pull は移動距離も長く、動作にかかる時間も他局面と比べ長い¹⁰⁾ ことから筋力重視の局面であると推測できる。First Pull は Second Pull のように直接的にパワー発揮に貢献する局面ではないが、静止状態のバーベルに一定の慣性を加え、Transition から Second Pull へのスムーズ且つ爆発的な力発揮を促す上で極めて重要な動作である。

Transition は、後に続く最も爆発的な Second Pull に繋げる上で極めて重要な局面である。まず、Garhammer⁹⁾ により明らかにされた Transition 時における胴体の線形エネルギーの低下と回転エネルギーの増加は、胴体を起こす動作に起因するものである。First Pull 後にバーベルが膝上に差しかかった時点で胴体は前傾位にあるわけだが、バーベルを保持した中で爆発的なトリプルエクステンションを実施するためには、パワー発揮に適した姿勢に入る必要がある。胴体を起こす動作はその一環である。一方で、Transition において胴体を起こすことが過度に強調されてしまえば、バーベルを効率的に垂直方向に拳上することが困難となる。トリプルエクステンションとは、股関節、膝関

節、足関節の爆発的な伸展であるが、胴体の回転運動が強調されてしまえば、連鎖的に膝や足首が十分に伸展することができなくなってしまう。したがって、当局面において胴体を起こすと同時に膝を再び屈曲する Double Knee Bend というテクニックが必須となる。人体の構造上、パワークリーン開始時のセットのポジションにおいて膝はバーベルの前方に位置しており、First Pull の動作中に膝を伸展させることでバーベルを垂直方向に拳上することが可能となる。Enoka⁷⁾ が示唆したように First Pull 後に膝を再び曲げることは膝伸展筋群を力発揮に適した状態に戻す上で非常に重要な動作である。また、Double Knee Bend を行う際に臀部は前方・下方向に移動するが、これによりバーベルを身体の重心付近に保つことができる。線形エネルギーの一時的な低下にみられるように⁹⁾、Transition 局面自体はトリプルエクステンションに向け体勢を入れかえることを目的としているため、可能な限り素早く実施することが求められる。

Double Knee Bend の習得には First Pull と同様の筋群の筋力が必要とされる。胴体を起こすことに関しては股関節を伸展筋である大臀筋やハムストリングスの関与が大きいと考えられるが、膝の屈曲も併行して行われているため大腿四頭筋もエキセントリックの筋収縮をしていると推測できる。同時に、Transition 局面においても、動作中は肩甲骨周辺筋群や背筋群の収縮も継続しなければならない。上記の筋力が基礎となる一方で、Double Knee Bend においては胴体を起こしながら膝を曲げるという二つの動作を連動させた上で、高速で行う必要があるため、動作習得が非常に難しい。したがって、技術の習得は段階に分け、丁寧に進めていかなければならない。

Second Pull については、パワークリーンにおいて最も高いパワー値が発揮される局面であることは先行研究で明らかになっている^{3,4,8,10,11,23)}。特に、大腿部中央 (Midthigh) からのパワークリーン動作におけるピーク床反力とピークパワー値は、床から拳上する従来のパワークリーンの値と比べ有意に高いことが示された^{3,4)}。

Second Pullにおいて最も高いパワー値が計測されることから、Midthigh ポジションがバーベルと共にトリプルエクステンションする上で最も適したポジションであると言える。したがって、Second Pullにおけるパワー発揮と動作の質は、First Pull と Transition の段階でほぼ決定していると考えられる。例えば、First Pull で胴体の角度を保てず臀部から上昇してしまった場合、Transition においてバーベルから股関節の水平距離が長くなることから胴体を起こす距離も長く、必要となる力も増大し、動作制御が困難となる。結果、重心が前に移動し、トリプルエクステンションも不十分になってしまう可能性が高くなる。

また、First Pull が理想の形で行われたとしても、Transition において胴体を起こす動作が過度に強調され Double Knee Bend が欠けていた場合、膝の十分な伸展が起きず、爆発的なトリプルエクステンションも最大限のパワー発揮もできなくなってしまう。このように、パワークリーンにおけるトリプルエクステンションとパワー発揮は、Second Pull に至るまでの各局面の動作の質、特に Transition における Double Knee Bend の質に依存すると言える。

先行研究から Second Pull が最も高いパワーが発揮される局面であり、動作自体も First Pull や Transition 局面と比べてシンプルなものだと言うことが示された。上述した研究報告では、習得に時間を要する複雑な動作である上に、本来の目的であるパワー発揮に関しても Second Pull には劣るパワークリーンよりも、Second Pull の動作だけにフォーカスしたジャンプシュラッグ、Midthigh Pull や Midthigh クリーンといったバリエーションの方がパワー向上には適しているとも述べられている^{3,4,23)}。しかしながら、これについてはいくつか問題点がある。まずはトレーニングにおける負荷設定である。上述した研究^{3,4,23)}ではいずれもハングクリーンやパワークリーンの最大拳上量に対する相対的な強度に基づいた負荷設定がされた。つまり、パワークリーンのバリエーションにおける最適な相対強度を導き出すためには最大拳上量の測定が必要となり、その時点でパ

ワークリーンやハングクリーンといった基本動作を適切に実施できることが必須条件となる。最大拳上量の測定については、試技を成功とみなす条件としてキャッチ動作が必須となるためジャンプシュラッグや Midthigh Pull のようなキャッチ動作を省いたバリエーションは適さない。次に、Second Pull に特化したバリエーションに関しては、おおよその場合選手自身が Midthigh のポジションまでバーベルを拳上しなければ種目を実施することができないことも問題である。したがって、床から適切なフォームでバーベルを持ち上げられるよう柔軟性や筋力を向上させた上で、正しいテクニックを指導することが前提となる。仮に、テクニックボックスのような高さ調節が可能な台があれば問題ないのだが、多くの施設ではそのような設備が整っていないのが現状である。本学においてもテクニックボックスは2セットしかないため団体指導への応用は難しい。

パワークリーンの安全性については先行研究には直接的に述べられていなかったため、本論では先行研究の結果をもとに独自に考察を加えた。まず、First Pull については低速で行われる動作のため、傷害のリスクは低いと考えられる。また、パワークリーンではトリプルエクステンション後、バーベルを肩の高さまで引き上げなければならないため、拳上重量は、First Pull 局面に限定した種目（デッドリフト）における最大拳上量と比べても軽くなる。したがって、拳上重量の観点からもこの局面における傷害リスクは比較的低いと考えられる。次に、膝に対する負荷についてだが、First Pull において膝は屈曲位から徐々に伸展するためハムストリングスもエキセントリックに収縮する。これにより前十字靱帯への負担は制限されることが想定される。一方で、動作中、肩甲骨周辺筋群や脊柱起立筋群が等尺性筋収縮を維持していなければ腰部に対する傷害リスクが高まることは否めない。この点については Transition 局面についても同様のことが言える。上述したリスクについては、必要とされる筋力を適切な種目を通して向上させることで低減できるであろう。Transition については、重量物を保持した中で

伸展から屈曲, 再び伸展と短時間に何度も動作を切り替えなくてはならないため, 膝への負担が懸念されることも想定される。しかしながら, 膝を再び屈曲させると同時に胴体を起こすという股関節主体の動きも伴うため, 負荷は分散すると考えられる。事実, 膝への負荷が一番大きいのは Second Pull の局面であることは先行研究からも明らかになっている²⁰⁾。Second Pull については, 爆発的なトリプルエクステンションが主たる動作であり, 伸展による傷害リスクは比較的低いと考えられる。パワークリーンの最終動作であるキャッチに関しては先行研究の中に特に記述はなかったが, 誤った動作は手首や肘, 腰部への傷害リスクを高めてしまう可能性がある。トリプルエクステンション後の腕の動きとしては, バーベルを身体の近くに保ちつつ引き上げ, バーベルを起点に手首を返し, 肘を上げることで三角筋前部にバーベルを置くといった流れになる。その際, 膝と股関節を多少曲げ, 着地の衝撃を吸収することが要求される。上記が理想のキャッチとなるわけだが, 適切に肩の前部にバーベルを置くことができず, 手首と前腕で重量を支えることになれば手首や肘に対する傷害リスクも高まってしまう。また, 肘が上がらなければ, 連鎖して腰も反った状態に陥ることが多いため, 腰部に対する傷害リスクも同様に高まってしまふことが想定される。そのため, 種目を導入した段階でキャッチ動作の習得を徹底する必要がある。

上記に加え, 他の競技動作とパワークリーンにおける傷害リスクの比較についても考察した。サッカーやバスケットボールでみられるダッシュからの方向転換においては重心の水平移動距離がパワークリーンと比べても明らかに長く, 動作も格段に速い上, 発生した力のおおよそ全てを片脚で制御しなければならないケースが多いことを考慮すると, パワークリーンにおけるパワー発揮は比較的安全であると推測できる。走り幅跳びやバスケットボールでみられるレイアップについても同様であり, 水平方向への推進力を制御しつつ力を垂直方向へ転換しなければならない上記動作における機械的負荷が, パワークリーンのそれに劣るとは考えづら

い。

最後に, パワークリーンのテクニックを見極めるため, 指導時に立つべきポジションに関してだが, バーベルの軌道を見る際には真横からの角度が適している。しかし, この角度では主要な関節の動きが重量プレートによって遮られてしまうため, 真横から 30 ~ 60 度ほど前方にずれた角度が良いとされる¹³⁾。この点に関しては, 指導対象人数やどこのポイントに重点を置くかによっても変わってくるため, その都度使い分ける必要がある。

VI. 結論

本論では, 関連する研究報告をもとにパワークリーンを効率的に習得するために必須となる技術・体力要素を調査した。調査の結果, パワークリーンを正しいテクニックで実施するためには股関節と膝関節の伸展筋群の基礎筋力が必須であることや, それぞれの局面において意識すべき動作パターンも示された。また, First Pull が Transition に, Transition が Second Pull にどのような影響を及ぼすかといった各局面の関連性についても示した。正しい動作パターンとしては, First Pull では胴体の角度を維持しバーベルを引きつけたまま上昇すること, Transition において胴体を起こしながら膝を再屈曲させるという動作を素早くスムーズに行うことが挙げられた。最も爆発的で高いパワー発揮がされる Second Pull であるが, その動作自体は比較的シンプルであり, Second Pull におけるパワー発揮は First Pull と Transition の動作の質によって大きく左右されることも明らかになった。つまり, パワークリーンを効率的に習得する上で First Pull と Transition における正しい動作に必要とされる筋力と動作感覚を養うことは必須条件である。したがって, 今後の課題としては, 股関節・膝関節につながる筋群を鍛える最も安全且つ効率的な方法を検証していくと同時に, Transition 局面における Double Knee Bend の最も効果的な習得方法を調査・検討していくことが求められる。

文献

- 1) Canavan, P. K., Garrett, G. E., & Armstrong, L. E. (1996). Kinematic and kinetic relationships between an Olympic-style lift and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 127-130.
- 2) Channell, B. T., & Barfield, J. P. (2008). Effect of Olympic and traditional resistance training on vertical jump improvement in high school boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1522-1527.
- 3) Comfort, P., Allen, M., Graham-Smith, P. (2011a). Comparisons of peak ground reaction force and rate of force development during variations of the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1235-1239.
- 4) Comfort, P., Allen, M., Graham-Smith, P. (2011b). Kinetic comparisons between variations of the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3269-3273.
- 5) Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007a). The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1042-1049.
- 6) Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007b). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 103-118.
- 7) Enoka, R. M. (1979). The pull in Olympic weightlifting. *Medicine and Science in Sports*, 11, 131-137.
- 8) Garhammer, J. (1980). Power production by olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1), 54-60.
- 9) Garhammer, J. (1982). Energy flow during olympic weight lifting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 353-360.
- 10) Garhammer, J. (1985). Biomechanical profiles of olympic weightlifters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 122-130.
- 11) Garhammer, J. (1991). A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 3-11.
- 12) Garhammer, J. (1993). A review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-89.
- 13) Garhammer, J., & Newton, H. (2013). Applied video analysis for coaches: Weightlifting examples. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 8(3), 581-593.
- 14) Hoffman, J. R., Cooper, J., Wendeli, M., & Kang, J. (2004). Comparison of Olympic vs. traditional power lifting programs in football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 129-135.
- 15) Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M. R., & Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power clean and the weighted jump squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 314-320.
- 16) Kipp, K., Redden, J., Sabbick, M. B., & Harris, C. (2012). Weightlifting performance is related to kinematic and kinetic patterns of the hip and knee joints. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1838-1844.
- 17) Kyriazis, T. A., Terzis, G., Boudolos, K., & Georgiadis, G. (2009). Muscular power, neuromuscular activation, and performance in shot put athletes at preseason and at competition period. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1773-1779.
- 18) Rhea, M. R., Kenn, J. G., & Dermody, B. M. (2009). Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes training for power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2645-2650.
- 19) Soriano, M. A., Jimenez-Reyes, P., Rhea, M. R., & Marin, P. J. (2015). The optimal load for maximal power production during lower-body resistance exercises: A meta-analysis. *Sports Medicine*, 45, 1191-1205.
- 20) Souza, A. L., & Shimada, S. D. (2002). Biomechanical analysis of the knee during the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*,

- 16(2), 290-297.
- 21) Stone, M. H., Sands, W. A., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Hartman, M. (2004). The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 878-884.
- 22) Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Carlock, J., Cardinale, M., & Newton, R. U. (2005). Relationship of maximal strength to weightlifting performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(6), 1037-1043.
- 23) Suchomel, T. J., Wright, G. A., Kernozek, T. W., & Kline, D. E. (2014). Kinetic comparisons of the power development between power clean variations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 350-360.
- 24) Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 433-437.

(2017 年 5 月 31 日受付)
(2017 年 9 月 4 日受理)